

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06088161 A**(43) Date of publication of application: **29.03.94**

(51) Int. Cl.

C22C 38/00
C21D 8/02
(21) Application number: **04202738**(22) Date of filing: **29.07.92**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**
(72) Inventor:
ISHIKAWA TADASHI
TAKEZAWA HIROSHI
NOMIYAMA YUJI
YOSHIKAWA HIROSHI
(54) STEEL SHEET EXCELLENT IN BRITTLE
FRACTURE PROPERTY AND FATIGUE
PROPERTY AND ITS PRODUCTION

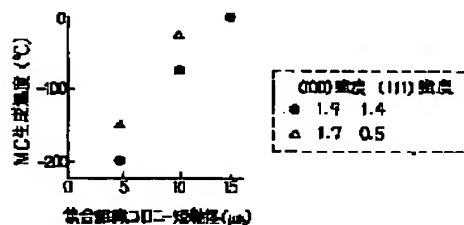
properties are regulated to $\approx 600 \text{ Kg/mm}^{1.5}$ can be obt'd.
in economical stability with good productivity.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract

PURPOSE: To economically produce a steel for structural purposes in which the aspect ratio (the ratio of length/breadth) of the colony of the aggregated structure having the same crystalline orientation in the structure of the surface layer part is specified and good in brittle fracture propagating properties with good productivity.

CONSTITUTION: A steel sheet excellent in brittle fracture properties and fatigue properties and in which, in the structure revealed by a temper color method over the range of $\approx 2\%$ of the sheet thickness respectively on the surface and rear layer parts, the colony of the aggregated structure having the same crystalline orientation constituted by the similar color tone has $\leq 5 \mu\text{m}$ average minor axis diameter as well as the intensity of the (100) plane of the aggregated structure parallel to the rolling face has ≈ 1.5 intensity ratio, and this is the method for producing the steel sheet. The steel sheet having, as arrest performance, $\leq -70^\circ\text{C}$ NDT properties and the temp. of $\leq -70^\circ\text{C}$ at which Kca



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-88161

(43)公開日 平成 6 年(1994) 3 月29日

| | | | | |
|--------------------------|---------|-----------|-----|--------|
| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 A | | | |
| C 2 1 D 8/02 | | B 7412-4K | | |

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-202738

(22)出願日 平成 4 年(1992) 7 月29日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号

(72)発明者 石川 忠

大分市大字西ノ洲 1 番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(72)発明者 竹澤 博

大分市大字西ノ洲 1 番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(72)発明者 野見山 裕治

大分市大字西ノ洲 1 番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(74)代理人 弁理士 茶野木 立夫 (外 1 名)

最終頁に続く

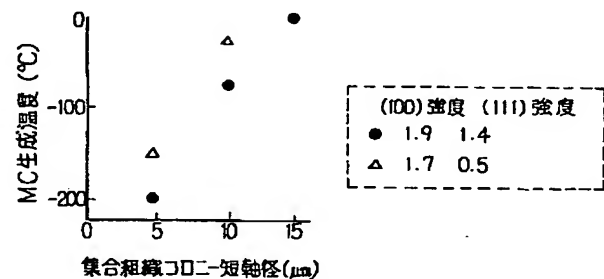
(54)【発明の名称】 脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板とその製造方法

(57)【要約】

【目的】 鋼板の表層部組織の同一結晶方位を有する集合組織のコロニーのアスペクト比(長径/短径の比)が 4 以上であることを特徴とする脆性破壊伝播特性の良好な構造用鋼板を生産性よく経済的に製造する。

【構成】 鋼板の表裏層部にそれぞれ板厚の 2 % 以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m 以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(1 0 0)面強度が 1. 5 以上の強度比を有することを特徴とする脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板及びその製造方法。

【効果】 アレスト性能として、NDT 特性を-7 0℃以下、K c a 特性が 6 0 0 kgf/mm^{1/2} 以上となる温度を-7 0℃以下を有する鋼板が生産性よく経済的に安定して得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋼板の表裏層部にそれぞれ板厚の2%以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上の強度比を有することを特徴とする脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板。

【請求項2】 圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上、(111)面強度が1.2以上の強度比をそれぞれ有することを特徴とする請求項1記載の脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板。

【請求項3】 A_c : 点以上の温度の鋼片もしくは鋼板を、圧延途中で水冷時の板厚を t_0 とした時、表層から少なくとも板厚方向に $0.02 \times t_0$ (mm)以上の領域を2℃/sec以上の冷速で A_r : 点以下まで急冷して、その後、当該表層部が A_r : 点以上の温度から圧延を開始もしくは再開し、(A_c : -50)℃から(A_c :)℃の範囲で圧延を終了し、その後 A_c : 点以上に復熱させることなく、少なくとも A_r : 点迄を当該表層部を1℃/sec以上の冷速で冷却し、表層部から少なくとも板厚の2%以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上の強度比を有することを特徴とする脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板の製造方法。

【請求項4】 (A_c : -70)℃から(A_c : -20)℃の範囲で圧延を終了し、その後 A_c : 点以上に復熱させることなく、少なくとも A_r : 点迄を当該表層部を1℃/sec以上の冷速で冷却し、表層部から少なくとも板厚の2%以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上、(111)面強度が1.3以上の強度比をそれぞれ有することを特徴とする請求項3記載の脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板の製造方法。

【請求項5】 圧延終了後 A_c : 点以上に復熱させることなく冷却速度が5℃/sec以上で加速冷却して表層部から少なくとも板厚の2%以上の範囲にわたってテンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上、(111)面強度が1.3以上の強度比をそれぞれ有することを特徴とする請求項3又は4記載の脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、構造物の安全性を確保するための鋼板の重要な性能の一つである脆性破壊伝播停止(アレスト)性能をNi元素等の高価な合金元素の添加に頼ることなく、飛躍的に向上させる鋼板およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 脆性破壊伝播停止(アレスト)性能を向上させる手段として、特開昭59-47323号公報に記載されているような未再結晶域で十分に圧下する製造方法、あるいは、積極的に脆性破壊を生じ易い第二相粒子を分散させて脆性亀裂先端にマイクロクラックを多数発生せしめ亀裂先端の応力状態を緩和させ、かつマイクロクラックと主亀裂間の合体時に生じる延性破壊により亀裂停止を容易にさせる方法が提案されている。

【0003】 しかし、それらの提案は、板厚中心部の組織を改質し、脆性亀裂伝播停止性能を向上させるものであり、板厚表層部の組織で主として決定される落重試験におけるNDT特性を必ずしも向上させるものではない。また、鋼板の板厚が増大すると上記のような板厚中心部の組織細粒化が達成できないことがあり、とくに板厚25mm以上の鋼板のアレスト性能向上技術の開発が望まれている。

【0004】 一方、鋼板表層部に細粒組織を有する鋼板の製造方法が特開昭61-235534号公報に記載されており、表層部を5 μ m以下の組織と規定しているが、鉄鋼協会: 材料とプロセス, 6(1990), p. 1796記載のように、3 μ m以下のフェライト粒でも-120℃以下で容易に脆性破壊を生じてしまい、細粒組織を表層部に形成せしめるアレスト性能向上方法には限界がある。

【0005】 また、特願平02-24509号明細書には、板厚の1/3までの表層部を冷却・復熱させ、表層部の組織改善により高アレスト化を達成する技術が開示されている。しかし、この方法では板厚の1/3にいたる広い範囲にわたり、冷却復熱を実現させなければならず、外部熱源なしには板厚中心部が加工フェライトが生成して靱性が劣化してしまう可能性が大きい。また、かような製造方法でアレスト性能が向上できるものの、アレスト性能向上に必要な組織が明確でなく、効率的にアレスト性能を向上するために必要な表層組織、およびその必要厚みが不明である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、表層部の組織改質によりアレスト性能であるKc α 特性とNDT特性を向上させるために必要な所要組織と所要厚みを明確化し、製造コストを大きく上昇させる高価なNi元素等を添加することなく、アレスト性能の良好な鋼板およびその製造方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、鋼板の表裏層部にそれぞれ板厚の2%以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上の強度比を有することを特徴とする脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板である。

【0008】更に本発明はA_{c1}点以上の温度の鋼片もしくは鋼板を、圧延途中で水冷時の板厚を t_0 とした時、表層から少なくとも板厚方向に0.02 $\times t_0$ (mm)以上の領域を2℃/sec以上の冷速でA_{r1}点以下まで急冷して、その後、当該表層部がA_{r1}点以上の温度から圧延を開始もしくは再開し、(A_{c1}-50)℃から(A_{c1})℃の範囲で圧延を終了し、その後A_{c1}点以上に復熱させることなく、少なくともA_{r1}点迄を当該表層部を1℃/sec以上の冷速で冷却し、表層部から少なくとも板厚の2%以上の範囲にわたって、テンパーカラー法により現出させた組織において同様の色調で構成される同一結晶方位を有する集合組織コロニーが、5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上の強度比を有することを特徴とする脆性破壊特性と疲労特性に優れた鋼板の製造方法である。

【0009】本発明において、対象とする構造用鋼は、通常の構造用鋼が所要の材質を得るために、従来から当業分野での活用で確認されている作用・効果の関係を基に定めている添加元素の種類と量を同様に使用して同等の作用と効果が得られる。従ってこれ等の元素を含む鋼を本発明は対象鋼とするものである。

【0010】これ等の各成分元素とその添加理由と量は以下の通りである。Cは鋼の強度を向上する有効な成分として0.02%以上添加するものであるが、0.20%を超える過剰な含有量では、2相域圧延時の変形抵抗を増して圧延を困難にするばかりか、溶接部に島状マルテンサイトを析出し、鋼の靱性を著しく劣化させるので、0.02%~0.20%に規制する。

【0011】Siは溶鋼の脱酸元素として必要であり、強度増加元素として有用であるが、1.0%を超えると鋼の加工性が低下し、溶接部の靱性が劣化し、0.01%未満では脱酸効果が不十分なため、添加量を0.01~1.0%に規制する。

【0012】Mnは鋼材の強度を向上する成分として0.3%以上の添加が必要であるが、Mnの添加は変態温度を下げるので、過剰の添加は2相域圧延温度を下げる変形抵抗が上昇するので2.0%を上限とする。

【0013】AlおよびNはAl窒化物による鋼の微細化の他、圧延過程での固溶、析出による鋼の結晶方位の整合および再結晶のために添加するが、添加量が少ない時は効果がなく、過剰の添加は鋼の靱性を劣化させるの

で、Alは0.001~0.20%に、Nは0.020%以下とする。

【0014】PおよびSは、母材の靱性確保のため、それぞれ0.01%以下、0.01%以下とする。以上が、本発明の対象とする鋼の基本成分であるが、母材強度の上昇或いは、継手靱性の向上の目的のため、要求される性質に応じて、Ni, Cr, Mo, Cu, W, P, Co, V, Nb, Ti, Zr, Ta, Hf, 希土類元素, Y, Ca, Mg, Te, Se, Bの1種類以上が使用できる。

【0015】尚、平均円相当粒径とは、該当する組織の個別の粒に注目して、その面積が等しくなるように想定した円の直径を求め、平均したものである。

【0016】

【作用】集合組織の発達した鋼板のセパレーションは板厚方向で割れを生じるために、亀裂や切り欠き先端の応力集中度の低下が期待でき、鋼材の脆性破壊に対して有利である。

【0017】このセパレーションは(100)面と(111)面の集合組織が発達している組織において、応力が負荷されると、それに応じた歪(変位)が結晶方位により異なるため、(100)集合組織と(111)集合組織の界面で、ずれが生じ、亀裂の芽が発生した結果形成されることが知られている。しかし、実際に脆性破壊の問題となる低温域での亀裂発生や脆性亀裂伝播においては、セパレーションが殆ど観察されない。

【0018】そこで発明者らは、この現象をさらに詳細に解明し、-165℃程度の低温や歪速度が大きい脆性破壊伝播において、亀裂先端の応力状態を緩和させる板面に平行なマイクロクラックの生成方法を見いだしたのである。

【0019】図1に集合組織のコロニーサイズと板面に平行なマイクロクラックの生成温度との関係を(100)面、(111)面の集合組織強度比別に示す。(100)強度1.1、(111)強度0.9についてはマイクロクラックは発生しなかった。

【0020】又、集合組織のコロニー短径軸と-196℃でのK_c値(kgf/mm^{1/2})との関係を図2に示す。

【0021】これまでセパレーションの発生の有無は、集合組織の発達レベルで理解されてきたが、本発明であるマイクロクラックの活性温度域、歪速度域を広げるためには、集合組織のコロニーサイズ(短軸径)を限定する必要がある。

【0022】従って本発明では、集合組織コロニーが5 μ m以下の平均短軸径を有し、かつ圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上の強度比を有するものとする。

【0023】更に本発明では圧延面に平行な集合組織の(100)面強度が1.5以上、(111)面強度が1.2以上の強度比をそれぞれ有するとき、脆性破壊特

性と疲労特性は極めて向上する。

【0024】本発明の組織を実現するためには、圧延中に鋼板表面を2℃/sec以上の冷却速度で冷却し、A_r1点以下とすることで一旦フェライト（ペーナイト）変態させてしまい、表層部急冷によっても殆ど温度の低下しない板厚中心部の顕熱を利用して、表層部のフェライト（ペーナイト）組織を炭化物を粗大化させない程度に速い昇温速度で復熱させながら更に圧延を行う。

【0025】圧延終了後、空冷させた組織を観察したところ、フェライト粒に粗大化しているものがあつた。そこで、圧延後フェライト変態が完全に終了するA_r1点まで冷速を変えて実験を実施したところ、1℃/sec以上の冷却速度が当該表層部で確保できればフェライト粒の粗大化を抑制し、目的の所要組織を実現できることが確認された。

【0026】この組織は（A_c1点以下-70）℃から（A_c1-20）℃の温度範囲で圧延を終了しているた

め集合組織を有しており、表層部に集合組織を有する5μm以下の短軸径を有する超細粒組織が形成された。しかも圧延面に平行な集合組織の（100）面強度が1.5以上、（111）面強度が1.3以上の強度比をそれぞれ有している。

【0027】圧延中の水冷条件等を変化させて、その表層改質組織の厚みを変化させた鋼板のK_{ic} a性能を調査した結果、表層改質組織の厚み増大によってK_{ic} a特性が向上し、鋼板に要求されるK_{ic} a性能に応じて必要な表層改質組織の厚みが存在することが知見された。更に緻密な集合組織により板厚方向へ伝播する表面疲労亀裂の伝播を遅延させることができ、疲労特性も向上した。

【0028】

【実施例】実施例の供試鋼の成分を表1に、製造条件および得られた材質を表2に比較例と共に示す。

【0029】

【表1】

[0030]

| 鋼種 | (wt%) | | | | | | | | | | | | | 7 | |
|----|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|--------|--------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|------|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | Ti | Nb | B | N | Cu | Ni | A _{r3} (°C) | A _{c3} (°C) | Ceq |
| 1 | 0.150 | 0.20 | 1.17 | 0.005 | 0.005 | 0.031 | 0.012 | 0.01 | — | 0.0020 | — | — | 718 | 840 | 0.35 |
| 2 | 0.120 | 0.30 | 1.31 | 0.006 | 0.008 | 0.036 | 0.015 | 0.02 | — | 0.0030 | — | — | 718 | 853 | 0.35 |
| 3 | 0.093 | 0.26 | 1.36 | 0.006 | 0.003 | 0.030 | — | — | — | 0.0034 | — | — | 721 | 860 | 0.33 |
| 4 | 0.070 | 0.27 | 1.37 | 0.007 | 0.001 | 0.028 | 0.015 | 0.01 | 0.0005 | 0.0030 | — | 3.3 | 608 | 818 | 0.39 |
| 5 | 0.096 | 0.22 | 1.48 | 0.009 | 0.003 | 0.024 | 0.017 | — | — | 0.0035 | — | — | 708 | 857 | 0.35 |
| 6 | 0.050 | 0.12 | 1.46 | 0.007 | 0.003 | 0.041 | 0.017 | — | 0.0008 | 0.0030 | 0.5 | 0.5 | 693 | 862 | 0.34 |
| 7 | 0.150 | 0.08 | 1.40 | 0.007 | 0.002 | 0.031 | 0.016 | 0.01 | — | 0.0033 | — | 0.9 | 661 | 821 | 0.41 |

[表2]

特開平6-88161

表2-1

| 試験 区分 | 鋼 種 | 厚み (mm) | 粗 延 | | 途 中 冷 却 | 昇温中圧延 | | 仕上げ圧延後の条件 | | | | | | | |
|----------|--------|------------|------------------|------------------|---------|------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|------|----------|------|-----|
| | | | 加熱 温度 (°C) | 開始 温度 (°C) | | 冷却 開始 板厚 (mm) | 冷却速度 (°C/sec) | 昇温中圧延 冷却後 表面温度 (°C) | 昇温中圧延 冷却後 表面温度 (°C) | 冷却速度 (°C/sec) | 冷却 停止 温度 (°C) | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区 分 | 号 | (mm) | (°C) | (°C) | (%) | (mm) | (°C/sec) | (mm) | (°C) | (°C/sec) | (°C) | (°C) | (°C/sec) | (°C) | |
| 本 発 明 | 1 | 1 | 280 | 1150 | 1100 | 920 | 80 | 5.0 | 20 | 720 | 800 | 20 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 2 | 1 | 150 | 1050 | 1000 | 910 | 30 | 4.0 | 13 | 720 | 800 | 2 | 530 | 25 | 530 |
| | 3 | 1 | 250 | 1050 | 990 | 920 | 30 | 4.0 | 35 | 720 | 800 | 25 | 530 | 30 | 530 |
| | 4 | 2 | 220 | 1150 | 1100 | 930 | 60 | 4.0 | 12 | 720 | 820 | 30 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 5 | 2 | 150 | 1150 | 1100 | 950 | 30 | 4.0 | 16 | 720 | 830 | 2 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 6 | 2 | 280 | 1050 | 990 | 920 | 30 | 5.0 | 41 | 730 | 835 | 2 | 530 | 30 | 530 |
| | 7 | 2 | 280 | 1150 | 1100 | 950 | 60 | 5.0 | 23 | 730 | 830 | 2 | 530 | 2 | 常 温 |
| 例 | 8 | 3 | 120 | 1150 | 1100 | 910 | 30 | 6.0 | 4 | 720 | 850 | 10 | 560 | 2 | 常 温 |
| | 9 | 4 | 280 | 1150 | 1100 | 960 | 60 | 6.0 | 15 | 620 | 800 | 2 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 10 | 5 | 280 | 1150 | 1100 | 850 | 80 | 4.0 | 18 | 730 | 830 | 20 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 11 | 6 | 150 | 1150 | 1100 | 945 | 20 | 7.0 | 13 | 700 | 800 | 20 | 530 | 2 | 常 温 |
| | 12 | 7 | 250 | 1150 | 1100 | 920 | 20 | 9.0 | 31 | 690 | 820 | 2 | 530 | 2 | 常 温 |
| 比 較 例 | 13 | 1 | 280 | 1150 | 1100 | 950 | 60 | 2.0 | 13 | 720 | 800 | 0.5 | 530 | 1 | 常 温 |
| | 14 | 1 | 150 | 1050 | 1000 | 930 | 50 | 1.0 | 0 | 840 | 740 | 10 | 530 | 10 | 530 |
| | 15 | 1 | 250 | 1050 | 990 | 920 | 60 | 2.0 | 12 | 770 | 890 | 0.7 | 530 | 20 | 530 |
| | 16 | 2 | 220 | 1150 | 1100 | 950 | 60 | 4.0 | 11 | 730 | 830 | 0.4 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 17 | 2 | 150 | 1150 | 1100 | 980 | 30 | 空冷 | 0 | 880 | 800 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 18 | 2 | 280 | 1050 | 990 | 820 | 30 | 空冷 | 1 | 830 | 760 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 19 | 2 | 280 | 1150 | 1100 | 850 | 60 | 空冷 | 0 | 830 | 790 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| 例 | 20 | 3 | 120 | 1150 | 1100 | 950 | 50 | 空冷 | 0 | 890 | 800 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 21 | 4 | 280 | 1150 | 1100 | 920 | 60 | 0.4 | 2 | 700 | 690 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 22 | 5 | 280 | 1150 | 1100 | 930 | 80 | 0.3 | 0 | 710 | 680 | 0.8 | 530 | 0.8 | 530 |
| | 23 | 6 | 150 | 1150 | 1100 | 870 | 70 | 空冷 | 0 | 800 | 720 | 0.5 | 530 | 0.5 | 530 |
| | 24 | 7 | 150 | 1150 | 1100 | 800 | 60 | 2.1 | 18 | 500 | 510 | 0.5 | 530 | 0.5 | 530 |

[表3]

12

表2-2

| 試験番号 | 鋼種 | 製品板厚 (mm) | 表層の組織の狀態 | 厚み (mm) | 集合組織コロ ニ一短軸徑 (μm) | 鋼板の機械的性質 | 全厚 Y P (kg/mm^2) | T S (kg/mm^2) | 伸び (%) | 裏下1mm の V T R s ($^{\circ}\text{C}$) |
|------|----|--------------|---------------|---------------|--------------------------------------|----------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------|--|
| 区分 | | | 表層の組織の狀態 | | | 鋼板の機械的性質 | | | | |
| | | | (100)面 強度比 | (111)面 強度比 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

| 表2-3 | 試験番号 | 鋼種 | 脆性亀裂伝播停止性能 | | 曲げ剛性 ($\times 10^4$ kgf/mm ²) | $\Delta K=50$ kgf/mm ² での板厚方向 への伝播速度 ($\times 10^{-6}$ mm/回) | 継手部の疲労試験 2 $\times 10^6$ 回疲労強度 (kgf/mm ²) |
|------|------|----|-------------------|--|---|---|---|
| | | | NDT 温度 (°C) | Kca=600 kgf/mm ^{1.5} を 示す温度(°C) | | | |
| 本発明例 | 1 | 1 | -110 | -113 | 2.38 | 12 | 14.7 |
| | 2 | 1 | -120 | -97 | 2.39 | 8 | 15.1 |
| | 3 | 1 | -143 | -111 | 2.41 | 10 | 13.8 |
| | 4 | 2 | -95 | -93 | 2.33 | 13 | 13.9 |
| | 5 | 2 | -80 | -79 | 2.35 | 20 | 12.9 |
| | 6 | 2 | -90 | -82 | 2.22 | 18 | 15.2 |
| | 7 | 2 | -98 | -103 | 2.30 | 13 | 16.1 |
| | 8 | 3 | -75 | -73 | 2.31 | 21 | 12.3 |
| | 9 | 4 | -95 | -93 | 2.32 | 17 | 13.4 |
| | 10 | 5 | -85 | -88 | 2.27 | 15 | 14.1 |
| | 11 | 6 | -110 | -91 | 2.29 | 16 | 12.4 |
| | 12 | 7 | -85 | -83 | 2.38 | 22 | 13.4 |
| 比較例 | 13 | 1 | -62 | -64 | 2.25 | 42 | 7.2 |
| | 14 | 1 | -50 | -60 | 2.43 | 61 | 8.1 |
| | 15 | 1 | -50 | -58 | 2.10 | 31 | 7.3 |
| | 16 | 2 | -53 | -46 | 2.15 | 42 | 8.4 |
| | 17 | 2 | -55 | -54 | 2.38 | 62 | 9.1 |
| | 18 | 2 | -15 | -13 | 2.42 | 50 | 9.3 |
| | 19 | 2 | -50 | -58 | 2.36 | 61 | 8.3 |
| | 20 | 3 | -55 | -50 | 2.38 | 63 | 8.6 |
| | 21 | 4 | -10 | -30 | 2.26 | 65 | 7.3 |
| | 22 | 5 | -20 | -20 | 2.41 | 67 | 8.2 |
| | 23 | 6 | -50 | -43 | 2.39 | 61 | 9.1 |
| | 24 | 7 | -5 | -10 | 2.43 | 52 | 9.2 |

【0033】本発明例の試験番号1～12および比較例の試験番号13～16, 21, 22, 24は、粗圧延後に冷却を適用したものであるが、比較例の試験番号14, 21, 22は冷却速度が遅かったため、鋼板全体の温度が低下し、冷却後の圧延が昇温加工とはならなかった。また、比較例の試験番号24は、冷却後経過時間が長すぎて冷却後の圧延の所要条件を満たすことができなかった。そのため、比較例である試験番号14, 21, 22, 24の表層部の組織は細粒化しなかった。これらの比較例の材質は、板厚全体が2相域圧延となつてしま

い、母材靱性である $vTrs$ も劣化し、NDT特性、アレスト特性ともに劣化した。また、比較例13, 16は所定の冷却・圧延を実施しているものの、圧延終了後空冷したため、集合組織コロニー短軸径が $5\mu m$ 以下にならず、比較例15は圧延後の復熱過程で Ac_1 以上に復熱したので部分的に粒成長を生じ、所定の組織が得られなかった。また比較例17～20, 23は圧延中所定の冷却をしなかったものである。

【0034】したがって、これらの比較例である試験番号13～20, 23はアレスト性能として $Kca=60$

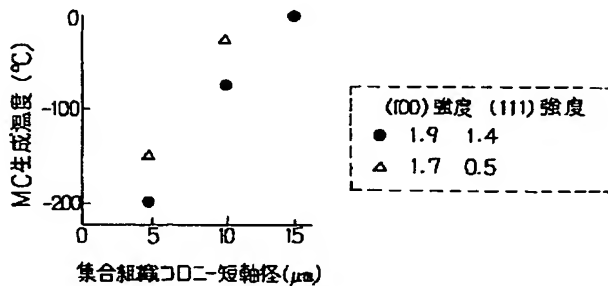
0 kgf/mm^{1.5} を示す温度、NDT特性共に-70℃には達しなかった。

【0035】これに対し、本発明例の試験番号1~12の材質は、表2に示す通り、所要の製造条件を満足し、目標の強度・靱性を満足すると共に、本発明の狙いであるNDT温度が-70℃以下を示し、アレスト性能であるKca=600 kgf/mm^{1.5}を示す温度も十分な特性であった。

【0036】

【発明の効果】本発明は、粗圧延後、表層部のみ冷却してAr₁点以下とした後板厚内部の顕熱により復熱しながら圧延を実施すれば、NDT特性を劣化させる表層部*

【図1】



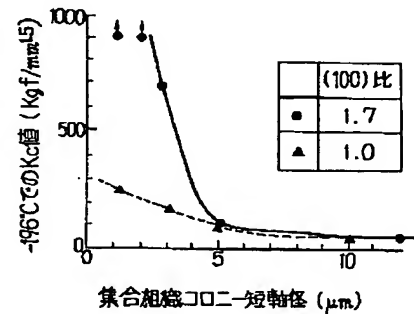
*の脆化組織を生成させることなく、板厚中心部に十分な未再結晶域圧延を実施したため、アレスト性能であるNDT特性とKca特性を両立することを可能とするもので、当業分野はもちろん、関連分野にもたらす効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】集合組織コロニー短軸径とMC生成温度との関係を示す図表である。

【図2】集合組織コロニー短軸径と-196℃における脆性破壊発生靱性であるKc値との関係を示す図表である。

【図2】



【手続補正書】

【提出日】平成4年8月28日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】図1に集合組織のコロニーサイズと板面に平行なマイクロクラックの生成温度との関係を(10 ※

※0)面、(111)面の集合組織強度比別に示す。疲労予亀裂を導入したCTOD試験を実施し、破面を走査型電子顕微鏡で拡大して観察した際、破面上に微小なサブ・クラックが観察される。これをマイクロクラック(MC)と定義し、そのMCが観察される下限温度をMC生成温度として示した。(100)強度1.1、(111)強度0.9についてはマイクロクラックは発生しなかった。

フロントページの続き

(72)発明者 吉川 宏

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内